

探讨南岭陆壳改造型花岗岩类岩体成岩方式及演化规律的一种方法

——岩石化学NSF三角图解

俞受鳌 陆人雄 陈志中 邓铁殷 贺忠荣 杨育诚

(地质学系)

摘要

本文提出了一种岩石化学 $N(\frac{K_2O}{Na_2O})$ 、 $S(\frac{SiO_2}{TiO_2 \times 10^3})$ 、 $F(\frac{Fe_2O_3 \times 10^1}{Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO})$ 三角图解来区分南岭地区陆壳改造型花岗岩类岩体的成岩方式，图解中圈定的 I 区属交代花岗岩区，II 区属岩浆花岗岩区。将南岭地区典型交代花岗岩和岩浆花岗岩体的 81 个岩石化学 N.S.F 值投入本图解中，鉴别效果较好，并能醒目地反映出复式花岗岩体的演化规律。

南岭地区花岗岩类岩体分布广泛，它们基本上可分为两大类：即同熔型及陆壳改造型⁽¹⁾。本文仅讨论陆壳改造型花岗岩类的成岩方式及演化规律。

陆壳改造型花岗岩类是由地槽或拗陷的堆积物经混合岩化或花岗岩化以及与其有成因联系的重溶—再生岩浆作用而形成的花岗岩类，它一般以正常花岗岩为主。关于花岗岩类的成岩方式至今认识尚不一致，这是岩石学上长期争论的一个问题。鉴别花岗岩类的成岩方式是解决花岗岩类成因问题的重要途径之一。研究花岗岩类成岩方式，除根据地质产状、岩石结构构造外，同时也可借助于一些岩石化学图解。但应用以往学者们提出的图解⁽²⁾来鉴别南岭地区许多典型交代花岗岩和岩浆花岗岩时，其结论并不理想，即某些交代花岗岩投入岩浆花岗岩区，而另一些岩浆花岗岩反而投入交代花岗岩区。因此，本文提出了一个探讨南岭地区陆壳改造型花岗岩类的不同成岩方式的 NSF 图解。

(一)

我们在研究南岭地区燕山早期多阶段花岗岩成岩特征及演化规律过程中(1982)，发现它们均有一个共同特点，就是其形成过程都经历了两种不同成岩方式，早阶段往往是以花岗岩化作用为主形成的半原地型前锋花岗岩，晚阶段则以重溶—再生岩浆结晶作用为主形成的侵入型岩浆花岗岩。从前锋花岗岩化花岗岩到主侵入岩浆花岗岩再到补充侵入岩浆花岗岩具有明显的岩石化学演化规律， TiO_2 、 MgO 、 CaO 、 $Fe_2O_3 + FeO$ 、 K_2O 、 K_2O/Na_2O 依次降低， $Na_2O + K_2O$ 、 Na_2O 、 SiO_2 、 SiO_2/TiO_2 及挥发组分逐渐增高。

本文1983年1月收到

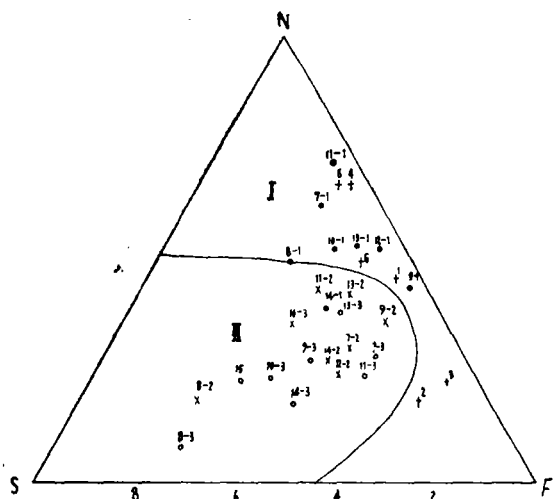


图1 南岭地区30个岩体平均值N—S—F投影图
 (岩体编号同表一) I区为交代花岗岩区
 II区为岩浆花岗岩区 +混合花岗岩
 • 前锋花岗岩 ×主侵入花岗岩
 ○补充侵入花岗岩

这一演化规律与南岭地区不同时代花岗岩类从老到新,即从东安期—燕山期的演化规律基本一致。大量资料说明,早期以交代花岗岩为主,而到晚期以岩浆花岗岩占优势。因此,这一规律亦大致反映了从交代花岗岩到岩浆花岗岩的演化。从上述的演化规律,找出两者之间的主要鉴别参数,就成为区分不同成岩方式的关键问题。考虑到 K_2O/Na_2O 、 SiO_2/TiO_2 及 $Fe_2O_3/Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO$ 三项比值各有其不同的变化趋势,把它们作为区分本区交代花岗岩与岩浆花岗岩的综合标志,我们试图提出一种区分本区陆壳改造型花岗岩类岩体成岩方式的岩石化学 NSF 三角图

解,其中N值为 K_2O/Na_2O 的重量百分比,S值为 $SiO_2/TiO_2 \times 1000$ 的重量百分比,F值为 $Fe_2O_3 \times 10 / Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO$ 的重量百分比。将南岭地区30个典型交代花岗岩及岩浆花岗岩岩体的化学分析数据(表1)计算出N、S、F值,投到NSF三角图解中,划分出以交代作用为主的花岗岩类区I及岩浆结晶作用为主的花岗岩类区II(图1),反映出它们各自有其分布范围,其区分性较好。

(二)

南岭地区混合岩化花岗岩均落入I区(图2),且点群分布均远离S端,并明显偏向F端,反映 TiO_2 、 Fe_2O_3 含量一般较高。

将我们详细研究过的燕山早期西华山、灵山、徐山、宜春414、浒坑、红岭、邓埠仙、东坡、瑶岗仙及栗木等十个多阶段复式花岗岩体66个岩石化学分析数据,计算N、S、F值后投影到NSF三角图解中(图3),

其中20个前锋花岗岩化花岗岩有17个投在NSF图解的I区,有3个误投到II区,误差15%,并且点群分布较混合花岗岩明显偏向N端,与后者相比N值较大,F值较小,S值较高,反映出 K_2O/Na_2O 比值较高, TiO_2 、 Fe_2O_3 的含量较低;而主侵入及补充侵入岩浆花岗岩46个中有45个投入II区,仅有1个误

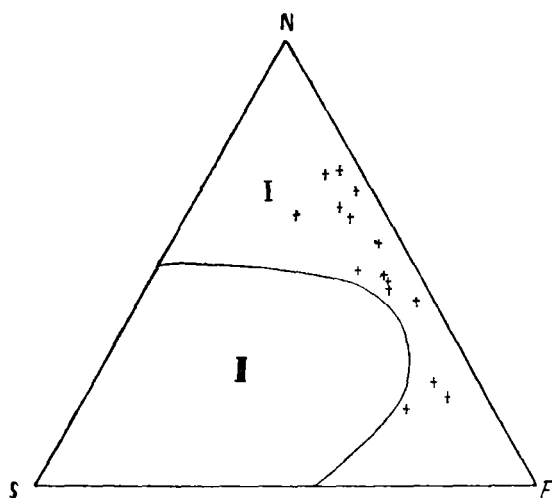


图2 南岭地区15个混合花岗岩体N—S—F投影图
 I区为交代花岗岩区 II区为岩浆花岗岩区

投到 I 区，误差仅 2%。以上投点的误差中，瑶岗仙前锋花岗岩样品可能与 TiO_2 、 Fe_2O_3 分析精度有关，414 前锋花岗岩样品显然与其成岩后的蚀变作用迭加有关，而灵山主侵入花岗岩样品则受到了前锋花岗岩的同化混染。

南岭地区其他一些典型岩浆花岗岩，如燕山晚期的一些小岩体，经检验效果亦较好。

综上所述，根据南岭地区已知两种不同成岩方式花岗岩体的岩石化学资料及我们采集的 10 个燕山早期多阶段复式花岗岩体的岩石化学资料用 NSF 三角图解去鉴别它们的成岩方式，效果较好。

(三)

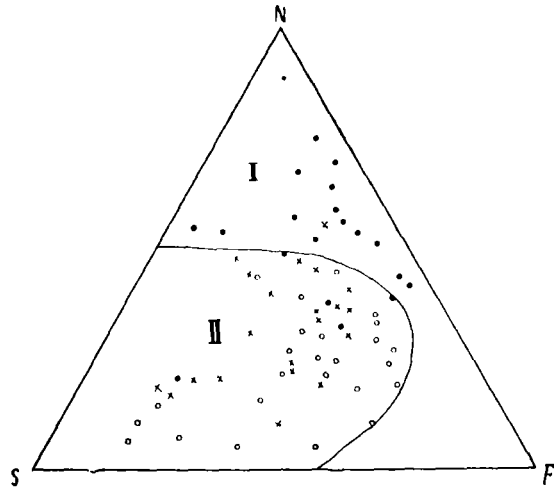


图 3 南岭地区西华山等十个岩体六十四个样 N—S—F 投影图 I 区为交代花岗岩区 II 区为岩浆花岗岩区 · 前锋花岗岩 × 主侵入花岗岩 ○ 补充侵入花岗岩

从 NSF 三角图解中，亦能较好地反映出复式花岗岩体的演化规律。上述 10 个燕山早期多阶段复式花岗岩体各阶段岩石化学平均值投影到 NSF 三角图解中（图 4），可看出

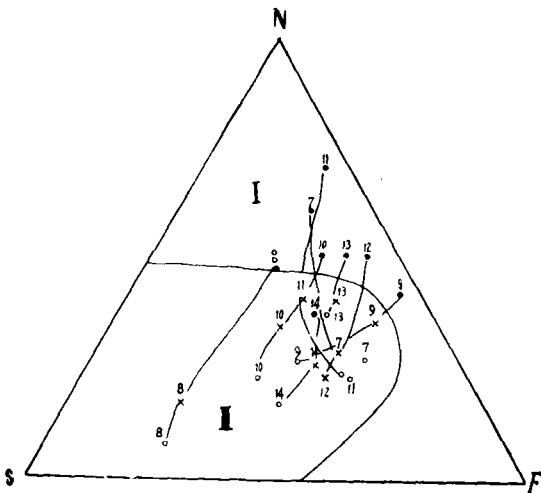


图 4 南岭地区燕山早期西华山等十个复式岩体演化规律图解 (岩体编号同表一) I 区为交代花岗岩区 II 区为岩浆花岗岩区 · 前锋花岗岩 × 主侵入花岗岩 ○ 补充侵入花岗岩

以下的演化规律：从前锋花岗岩到主侵入花岗岩再到补充侵入岩浆花岗岩 N 值均明显地逐渐降低，向下演化，反映出钾降低，钠升高的演化规律；其次，S 值大多数是逐渐增大反映出 SiO_2 增高， TiO_2 降低的规律；而 F 值的演化规律不明显，略有增高趋势，反映出 Fe_2O_3 增加，全铁及 MgO 、 CaO 含量降低的规律，但有的岩体这种变化不明显，这与 Fe_2O_3 演化规律不明显有关。总之，此图解能醒目地反映出岩石化学的演化规律。

(四)

南岭地区许多大型燕山期复式岩体的岩石化学平均值在 NSF 三角图解

中的投点，有时误差较大，其原因是这些岩体常常是由两种不同成岩方式形成的，所采集的岩石化学样品没有区分这两种岩体，而是混合的平均值。因此，这样的岩体平均值是不能用本图解来鉴别它的成岩方式的。

表 1 南岭地区典型交代花岗岩及岩类花岗岩化学分析数据及N、S、F值

编号	岩体名称	岩性	样品数	化 学 成 分 %											N	S	F	资料来源	
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅					H ₂ O (灼失)
1	占县	片麻状花岗岩	18	70.03	0.37	14.42	0.96	2.47	0.14	0.82	2.34	3.07	4.33	0.11	0.74	44	7	49	[3]
2	里海	混合花岗岩	3	73.22	0.07	14.99	0.96	0.52	0.07	0.28	0.40	3.92	4.26	0.29	0.76	17	16	67	[4]
3	大人山	混合花岗岩	1	76.10	0.13	11.78	2.65	1.03	0.01	0.20	0.94	3.21	5.54	/	/	22	8	70	[4]
4	杨梅	混合花岗岩	4	70.57	0.66	14.02	0.65	2.61	0.05	0.86	2.28	2.35	5.05	0.14	0.77	67	3	30	[4]
5	大王山	混合花岗岩	1	70.05	0.39	14.42	0.53	3.11	0.07	0.83	2.75	2.61	3.98	0.15	/	63	7	30	[**]
6	武功山	混合花岗岩	4	72.59	0.20	14.95	0.72	1.73	0.05	0.45	2.30	2.54	4.06	/	0.38	48	11	41	[1]
7-1	红岭	斑状黑云母花岗岩	3	72.80	0.23	13.45	0.23	1.59	0.05	0.33	1.03	3.21	5.24	0.10	1.16	61	12	27	*
8-1	东坡	"	1	74.22	0.09	13.04	0.21	0.75	0.02	0.14	1.22	3.27	5.56	0.04	0.90	49	25	26	
9-1	灵山	"	2	69.30	0.57	13.88	0.91	2.49	0.07	0.62	1.78	3.99	4.96	0.09	0.75	42	4	54	
10-1	西华山	"	4	72.84	0.16	13.15	0.42	1.81	0.10	0.37	1.18	3.26	5.41	0.08	0.82	51	14	35	
11-1	邓埠仙	"	3	67.36	0.51	15.02	0.41	3.33	0.12	1.26	1.90	2.99	5.39	0.23	1.37	71	5	24	
12-1	济坑	"	1	70.54	0.33	13.99	0.74	2.42	0.07	0.66	1.42	2.92	4.96	0.17	1.92	51	6	43	
13-1	徐山	"	2	72.98	0.25	13.53	0.49	1.85	0.08	0.60	1.58	3.26	4.80	0.07	0.73	52	10	38	
14-1	宜春414	"	1	74.55	0.11	13.88	0.35	1.41	0.13	0.19	0.85	3.74	4.40	0.07	0.41	38	22	40	
7-2	红岭	二云母花岗岩	1	75.09	0.08	13.34	0.41	0.80	0.03	0.13	0.51	3.37	4.67	0.11	1.01	30	22	48	
8-2	东坡	黑云母花岗岩	2	75.46	0.02	13.36	0.14	0.61	0.03	0.01	0.48	4.16	4.38	0.01	0.66	19	60	21	

(续表1)

编号	岩体名称	岩性	样品数	化学成分 %											N	S	F	资料来源	
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅					H ₂ O (灼失)
9-2	灵山	黑云母花岗岩	3	73.15	0.23	14.28	0.47	1.96	0.05	0.15	0.45	4.29	4.52	0.04	0.74	36	11	53	
10-2	西华山	黑云母花岗岩	6	75.07	0.07	12.83	0.28	1.25	0.10	0.06	0.90	3.88	4.85	0.01	0.60	36	31	33	
11-2	邓埠仙	黑云母花岗岩	4	72.95	0.11	14.28	0.31	1.34	0.05	0.45	0.80	3.59	4.81	0.21	0.96	43	22	35	
12-2	浒坑	二云母花岗岩	2	73.67	0.06	14.21	0.38	0.79	0.10	0.22	0.56	4.85	4.79	0.28	0.50	24	29	47	
13-2	徐山	黑云母花岗岩	1	76.00	0.06	12.90	0.34	1.29	0.06	0.38	0.94	4.00	4.46	0.24	1.18	41	17	42	
14-2	宜春414	二云母花岗岩	2	76.18	0.06	13.33	0.38	1.04	0.15	0.07	0.45	3.62	4.07	0.14	0.61	26	29	45	
7-3	红岭	白云母花岗岩	1	74.75	0.08	12.67	1.03	1.55	0.04	0.10	0.75	2.55	4.16	0.16	1.57	29	18	53	
8-3	东坡	二云母花岗岩	1	73.22	0.01	15.02	0.26	0.61	0.06	0.01	0.42	5.39	3.55	0.01	0.73	8	68	24	
9-3	灵山	白云母花岗岩	3	75.26	0.08	13.35	0.17	0.80	0.03	0.04	0.30	4.92	4.33	0.01	0.29	28	31	41	
10-3	西华山	黑云母花岗岩	5	75.90	0.04	12.70	0.32	0.92	0.12	0.09	0.71	4.11	4.45	0.06	0.36	24	42	34	
11-3	邓埠仙	白云母花岗岩	4	73.84	0.08	14.07	0.53	0.89	0.08	0.26	0.61	3.72	3.74	0.24	0.69	24	22	54	
13-3	徐山	黑云母花岗岩	3	73.26	0.11	13.86	0.38	1.28	0.09	0.24	0.87	3.58	4.82	0.11	0.62	39	20	41	
14-3	宜春414	白云母花岗岩	3	72.85	0.04	15.42	0.25	0.65	0.14	0.04	0.35	4.52	3.83	0.22	0.94	18	40	42	
15	栗木	二云母花岗岩	3	75.21	0.04	13.66	0.13	0.65	0.11	0.07	0.39	4.21	3.69	0.21	0.89	23	49	28	

● 7-1以后样品由广东省地质局中心实验室及广东冶金地质实验室分析
 ●● 据1:20万阳春幅区测报告

主要参考文献

- [1] 南京大学地质系, 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系, 科学出版社, 1981.
 [2] 南京大学地质系, 火成岩岩石学, 地质出版社, 1980, 277, 301.
 [3] 彭亚鸣、季寿元、邓铁殷, 南京大学学报地质学专刊(一), 1979, 1—21.
 [4] 莫柱荪等, 南岭花岗岩地质学, 地质出版社, 1980.

A Method for Studying the Diagenetic Way and Evolutional Rule of the Granitic Bodies and Its Application to Continental Crust Transformation Type in Nanling Region —N.S.F Triangular Diagram of Petrochemistry

*Yu Shoujun Lu Renhong Chen Zhichong
Deng Tiejui He Zhongyong Yang yucheng*

Abstract

A new petrochemical triangular diagram of $N \left(\frac{K_2O}{Na_2O} \right)$, $S \left(\frac{SiO_2}{TiO_2 \times 10^3} \right)$, $F \left(\frac{Fe_2O_3 \times 10^1}{Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO} \right)$ is proposed by this paper to distinguish the diagenetic way of the continental crust transformation type in Nanling Region. Suggested field I and II in the triangular diagram (Fig1-4) represent the metasomatic and magmatic granitic rocks respectively. It is obvious that about 81 chemical analyses of typical granitic bodies in Nanling Region (35 metasomatic and 46 magmatic) fall into the inside of the delineated field.

Furthermore, this diagram clearly indicates the evolutional rule of multi-stage granitic bodies.